

那惠物理問題

(第五冊)

目 錄

一、	圓周運動介紹	5-1
二、	衛星	5-4
三、	向心加速度 v^2/R 及向心力 mv^2/R 的推導	5-6
四、	電子的直綫與圓周運動	5-12
五、	電子的電荷與質量比 e/m 之測定	5-13
六、	電解，電子，離子，質子	5-19
七、	正極射綫與同位素	5-22
八、	天空：你看見些什麼（不利用望遠鏡）？	5-25
九、	早期希臘的天文理論	5-30
十、	哥白尼的太陽中心理論	5-34
十一、	所有行星所遵循的定律	5-38
十二、	伽俐略與牛頓	5-42
十三、	牛頓運動定律及萬有引力定律的應用	5-48
十四、	來回作往復運動的物體，單擺實驗	5-55
十五、	來回作往復運動的帶電質點：交流電流	5-62
十六、	SHM與波動	5-66
十七、	速度，頻率及波長，水波槽實驗	5-68
十八、	利用障礙物以“使光分離”：繞射	5-71
十九、	光綫束的“相互碰擊”：干涉	5-73
二十、	繞射光柵	5-77
廿一、	關於氣體中離子的一個簡單理論	5-79
廿二、	放射性物質在放射時所產生的離子化，放射的三大種類	5-84
廿三、	雲霧室的照相探測工作，阿爾伐，貝它及珈瑪三種放射的自然性質	5-89
廿四、	放射現象：放射的偶然性，放射系，示蹤物	5-93
廿五、	拉塞福（原子）模型	5-101
廿六、	光粒子（質點）？物質波？	5-104

一、圓周運動介紹

1. 將一圓形鐵環平放在一塊地板上，一個小鋼球則沿着其內壁沿動（見圖 1 所示），故而鋼球對鐵環之內壁時時都在壓迫它；你不妨試試此一實驗，並注意觀察其結果。

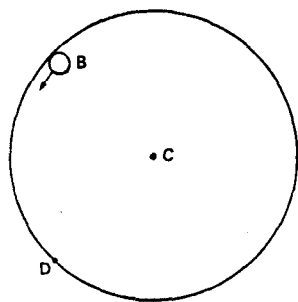


圖 1

- a. 現請問當鋼球沿着鐵環的內壁在滾動時，鐵環對鋼球的作用力是朝向何方？是指向中心 C 抑或是離開 C 的？而鋼球對鐵環所施的作用力之方向又為何？
- b. 若當鋼球滾至位置 D 時，突然將鐵環由地板上水平地提升起來，試問小球有何情形產生？請繪一草圖以說明你的答案。

2. 圖 2 中的 AA' 及 BB' 表示兩條平鐵軌，一列火車由軌道的 A B 部份經直綫軌道而駛往軌道的彎曲部份 A' B' 處去。

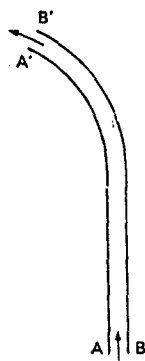


圖 2

- a. 首先我們假設火車的車輪上沒有凸出的邊緣，則試問當火車在轉彎的地方會產生什麼情形？
- b. 但事實上，我們知道火車輪子都具有一凸出的邊緣部份，且在鐵軌的內側。試問當火車駛經圖中的彎曲部份時，究竟是那一條軌道在抵擋火車車輪的凸緣？是靠內的軌道 AA' 抑或是外邊的 BB' 呢？試利用“動量”此一字眼，寫出你對此一答案的常識性之理由。

3. 難題：在上題中，我們僅只考慮到鐵軌及火車間的水平力，現在我

5-2 那惠物理問題

們來討論一下關於鉛直方向的作用力；顯然的是，在當火車沿着軌道的直線部份進行時，火車的重量是分別相等的由兩條鐵軌支承着。

- a. 試問在火車沿着軌道彎曲部份運動時，則兩條軌道所支承着的火車重量仍是相等的嗎？倘若不是，那麼是那一條軌道上所承受的重力較大呢？
- b. 如果火車在轉彎處的速率太快的話，則將會產生什麼樣的結果？（你可設想一架玩具火車的同樣情形，其推理上的結果將與真實火車所產生的情形完全相同。但是，你不能僅只簡單的答說：“火車會出軌”而已！因為這樣沒有將其詳細結果描述出來。）
- c. 請分別寫出你在（a）及（b）中答案的理由。
- d. 不管是玩具火車或是真正火車的軌道，它們在彎曲部份處都會被設計成一種具有“傾斜度”的情形；試問其傾斜的方法如何？是軌道AA'較低抑或是BB'較低？請說明你答案的理由。

4. a. 一個幾乎不具摩擦性質的物體，例如“二氧化碳乾冰盤”吧！被放置在一張平滑的臺面上，且用一根細綫綁住它，細綫的另一端則被固定在臺面上的C點（見圖4所示。然後按照圖上箭頭所指的方向輕輕推動

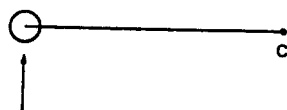


圖 4

一下乾冰盤，則試問有何結果產生？並請繪圖以說明之。

- b. 倘若那根細綫無法承受而斷裂時，則你所看到的結果又將如何？也請你繪圖說明之。

5. 圖5表示以一根細繩子綁着一塊石頭，在垂直的平面內作圓周運動的情形。此石頭所圍繞着運動的圓心位於O點。

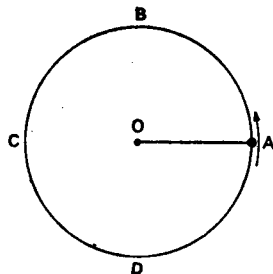


圖 5

- a. 試問當石頭抵達A點或C點時，是種什麼力的作用以保持它繼續作此圓周運動的呢？
- b. 當石頭抵達B點時，是那兩個力作用在其上面，以使得它繼續作圓周運動？

- c. 若細繩較易斷裂的話，則看起來它在當石塊運動至D點時斷裂的機會最大，試問這是什麼道理？
- d. 請繪一圖形以說明當石塊抵達處而恰好繩子斷裂時所產生的情形；在此，你可假定D點離地面的距離約等於BD間的長度。
- e. 當石塊運動至圖中的AB部份時，若石塊的運動速率“不是足夠快”的話，則其結果如何？請你畫圖表示之。

6. 在一隻木桶內裝入水（就說裝至半滿吧！），然後設法使木桶倒轉過來，但却要保持水一直停留在木桶內。（如果你對某些物理學中的原理尚不太清楚的話，則你在做此一實驗時，最好穿上雨衣，並在花園中或一塊草地上去做這個實驗。）

- a. 你是如何做此實驗的呢？
- b. 試問為什麼水能夠老是停留在木桶內？（這是一個不易回答的難題，除非你對物體的圓周運動有較深切的瞭解。）

7. 我們現在來說明一下任何一個作圓周運動的物體，它定必受到一個所謂“向心力”（即指向圓周中心的力）的作用；試問在下述各種情形中的圓周運動裡：

- a. 一枚硬幣放置在一轉動着的唱機之轉盤上；
- b. 一輛汽車沿着一彎曲的道路行駛時；
- c. 月球圍繞着地球轉動；
- d. 地球圍繞着太陽轉動；
- e. 水流沿着一彎曲的水管在管內的流轉；
- f. 電子垂直地進入一磁場時所做的運動。

分別是由什麼東西所提供的向心力？

8. 某人利用一枚一元錢的硬幣及一粗糙的唱機轉動盤做了幾次實驗，其所得到的觀察結果如下：

- (i) 當那枚硬幣被放在靠轉盤邊緣的地方，則在轉盤分別以每分鐘33 $\frac{1}{3}$ 轉及45轉的轉速轉動時，硬幣都是停留在轉盤面上不動；但在轉盤以每分鐘78轉的轉速轉動時，則硬幣因轉動關係而離開了轉盤。
- (ii) 當唱盤以每分鐘78轉的轉速轉動時，那枚硬幣若被放在離唱盤中心位置小於9.5厘米的地方，則硬幣仍將停留在唱盤上不動；但當它被放在離唱盤中心超過9.5厘米的地方，則將離開唱盤。
- (iii) 若將一張唱片放在唱盤上後，再把那枚硬幣放在唱片上，那末

當唱盤（連同唱片）以每分鐘78轉的轉速轉動時，發現硬幣至唱盤中心的距離等於或大於7.5厘米的情況下硬幣便會離開唱盤（實際上即離開唱片）。

從上面的幾種觀察結果來看，你將可對下述的各種情形：

- 關於向心力及轉動的速率；
- 關於向心力與圓上某點運動的速率；
- 當轉動的轉速一定時，關於向心力與轉動的半徑；
- 請看本節最後面的注意；
- 關於硬幣與唱盤間的摩擦及硬幣與唱片間的摩擦。

分別推斷出一些什麼樣的結果？

注意：對上面(c)題來說，我們所推得的結果是：“當一物體在作圓周運動時，若其轉動的轉速一定，則其轉動半徑愈大的話，那末其所需要的向心力也愈大，方才能保持它繼續作此圓周運動。”然而問題(d)可以寫作“當一物體作圓周運動的速率一定時，關於向心力與其轉動半徑。”但不幸的是，我們無法根據硬幣與唱盤所做的實驗結果來推斷其相互間的關係。不過在以後的討論中，我們將會看到當一物體以一種等速率作圓周運動時，其轉動半徑愈大，則其所受的向心力反而愈小。

二、衛 星

9. 科學家牛頓曾在他的一封信中敘述出當他看到蘋果落地的現象後，是如何地使他獲得了一個關於“同樣的力，不但使到蘋果落地，而且也作用在圍繞地球轉動的月球上。”之觀念。或許，他當初是這樣設想的：“在沒有風的時候，蘋果是垂直的掉落到地面上，但若有風的時候？又若是一個小孩爬到樹上去將蘋果擲下來？如果，現在不是一個蘋果，而是一顆由大炮發射出來的炮彈？又若此一炮彈的進行非常快而不受到水平方向的力之影響？”

試寫出上面各問句中的答案，並說明蘋果與月球都受到一種什麼樣的作用力。然後，請你繪圖說明當蘋果以各種不同的速率水平拋擲出去時，其所產生的情形。

10. 一枚人造衛星在離地球表面 200 千米處的高空，圍繞地球作圓形軌道的運動，今已知地球的半徑近似為 6,400 千米，重力加速度， g 之值約為

每平方秒 10 米。

- a. 試證明在此情形下，該人造衛星於 100 秒時間內“下降”50 千米。(利用 $S = \frac{1}{2}gt^2$)

- b. 該人造衛星的軌道半徑為 $6400 + 200 = 6,600$ 千米，於 100 秒內，其轉動的角度為 θ 角（見圖 10 所示）；

如果你對於三角學尚不至於太生疏的話，則你可以根據圖 10 而求出 θ 角的度數；這是因為 $\cos \theta = \frac{6600}{6650}$ ，從而由

三角函數表中可查出 θ 的角度大小；如果你根本就沒有學過三角學的話，那我們告訴你， $\theta = 7^\circ$ （更精確一些的答案是 $\theta = 7.1^\circ$ ）

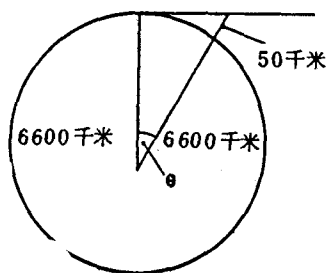


圖 10

- c. 若此枚人造衛星在 100 秒內，轉動了約 7° 的角度，則試問它按此軌道，繞轉整個一周時（即 360° ）所花的時間是多久？（如果我們的答案是 86 分鐘的話，則你是否同意？）

11. 我們現在以月球代替人造衛星再來討論一下上述的問題 10；這時，地球與月球間的距離是 400,000 千米，由於此一距離是如此之大，故而我們現在在討論其下降的高度時，則以 1,000 秒以代替原先所說的 100 秒。

- a. 試利用與上題相同的 g 值，以證明月球在圍繞着地球作圓形軌道轉動時，於 1,000 秒的時間內，“下降”了約 5,000 千米。
- b. 此時月球所轉動的“新”角度 θ 之值約為 9° ，若你懂得三角法的話，則請你證明這時 $\theta = 9^\circ$ 是正確的。
- c. 如果月球在 1,000 秒的時間間隔內所轉動的角度是 9° ，試證實月球圍繞地球轉動整個一圈（即 360° ）所需的時間約為 11 個小時。

12. 在問題 11(c) 中的答案是錯誤的：因為月球繞地球轉動一周的時間並不是 11 個小時，而是約 27 天之久。

- a. 試問我們在那裡發生了錯誤？

- b. 由此，則對於位於月球處那麼遠的地方，以及地球表面附近之處，物體所受到地球的重力場加速度，我們將可推斷出一種什麼樣

的結果？

13. a. 一衛星恰好繞着地球的表面作圓形軌道運轉，其繞完一圈所花的時間約為 86 分鐘；試問它在轉動時，每秒鐘約運動了多少英里？（地球的半徑為 4,000 英里，一個圓圈的周長 = $2\pi \times$ 該圓圈的半徑。）

b. 當一衛星以此一速率（在 (a) 中所求得的答案）在地球的大氣層中運動時，將會有什麼情形產生？

14. 請閱讀一下圖題 13(a) 中的敘述部份，然後回答下面的問題：若地球本身的轉動情形不是每 24 個小時內轉動一次，而是每一小時內轉動一次的話，則在地球的赤道附近，將有什麼情形產生？

三、向心加速度 v^2/R 及 向心力 mv^2/R 的推導

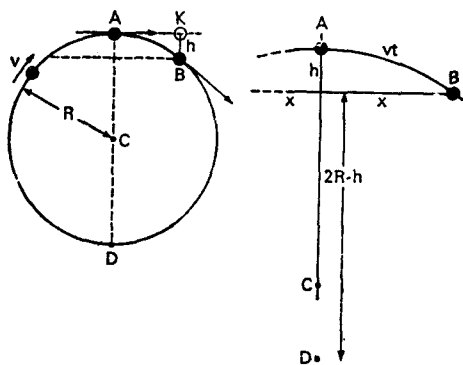


圖 15

15. 對於加速度 v^2/R 的第一個證明方法：

一物體以一等速率 v 沿着一圓形路徑（即圓形軌道）運動， v 實即是代表其速度，不過此一速度隨時隨地都在改變其方向，但其大小（即其速率）則保持一定。現請你看到圖 15 中左右兩個圖形，設物體在某一時刻位於 A

點處，其速度則以在A點處的箭頭表示之，經過一短暫時刻 t 之後，物體運動至圖中的B點，這時它的速度以B點處的第二個箭號表示，這種表示圓周運動時速度的箭頭線都在該點處與圓周相切（即箭頭線為圓的切線）。圓周的半徑設其為 R ，A點與B點間的水平距離設為 x ，令過B點作一條垂直AC直線的割線，則由幾何學中的原理我們知道該割線的全長為 $2x$ 。

若物體沒有受到一種拉力而作圓周運動的話，則它由A點處開始運動而經過那段時間 t 後，便會運動至圖中的K點位置，但由於拉力的作用，故而在此一時間間隔 t 內，物體又同時由K點下降了一段距離 h 而下落至B點，所以 h 實即表示線段KB的長度。現在，就讓我們來求取加速度的表達式 v^2/R 吧！首先，我們可以寫出：

$$h(2R-h) = x^2 \dots\dots\dots(1)$$

a. 試說明為什麼方程式(1)是正確的。

現根據方程式(1)，故而可改成，

$$h = \frac{x^2}{2R-h}$$

自然這也是正確的，然後我們可以由 $(2R-h)$ 中將 h 省略掉，於是得：

$$h = \frac{x^2}{2R} \dots\dots\dots(2)$$

b. 試說明為什麼我們可以將 $(2R-h)$ 中的 h 省略掉的理由。

由於物體自A運動至B所需的時間為 t ，且其速率為 v ，故而 $x = vt$ ，將此代入方程式(2)則有：

$$h = \frac{(vt)^2}{2R} = \frac{1}{2} \left(\frac{v^2}{R} \right) t^2 \dots\dots\dots(3)$$

現因 h 乃表示物體向中心下落的高度，且物體位於A點時沿此一方向並沒有初速，故而由公式

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \dots\dots\dots(4)$$

我們可以知道：

$$a = \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots(5)$$

這裡的 a 即為向心加速度。

c. 試解釋我們是怎麼樣由方程式(3)及(4)而得到方程式(5)的。

16. 此一問題並不是非做不可的，但如果你已經研習過問題15的話，那麼則請你：

繪出圖15，並對此一沿着圓周軌道運動的物體，寫出其：向心加速度 = v^2/R 的證明步驟，並加以適當足夠的說明。

17. 對於（向心）加速度 v^2/R 的另外一種證明方法：

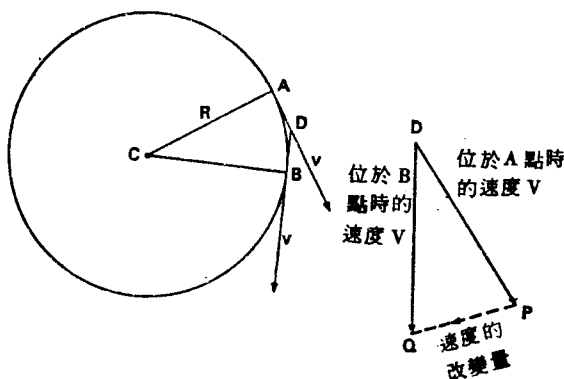


圖 15

一物體以一等速率 v 沿着一圓形路徑（即圓形軌道）運動，設物體在某一時刻位於A點處（見圖17所示），其速度則以在A點處沿圓周所作的切綫箭號表示之，經過一短暫時刻 t 之後，物體運動至圖中的B點處，其速度亦以該點處的切綫箭號表示之，且將此速度箭號綫向後延長而與箭號綫A相交於D點；在圖17中的那個三角形則是表示物體分別位於A、B兩點處的速度及物體經由此兩點間的速度改變之圖形，Dp即為物體於A點的速度，DQ乃表示物體於B點的速度，且Dp的長度與DQ的長度正好相同，由圖中，我們很容易看出兩個三角形pQD與ABC乃是相似三角形。

a. 試問為什麼在圖上的pQ被標之為“速度的改變量”？

b. 又為什麼 $p Q D$ 與 $A B C$ 是兩個相似的三角形呢？

然後，我們於是有了：

$$\frac{\text{速度的改變量}}{v} = \frac{AB}{R} \dots\dots\dots(1)$$

或即： 速度的改變量 $= \frac{AB \cdot v}{R} \dots\dots\dots(1)$

c. 請問方程式(1)為什麼是正確的？

由上面的結果，我們再又知道 t 乃是物體由 A 運動至 B 所費的時間，故而將上式兩邊同時除以 t 後，則得：

$$\frac{\text{速度的改變量}}{t} = \frac{AB}{t} \cdot \frac{v}{R} \dots\dots\dots(2)$$

所以我們最後得到：

$$\text{加速度} = v \cdot \frac{v}{R} = \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots(3)$$

d. 試說明是怎麼樣地由方程式(2)而得到方程式(3)的。

e. 試問你是如何地根據圖17中所示的情形而知道其加速度是指向圓周中心的呢？

18. 此一問題也並不是非做不可的，但若你已經研習過問題17的話，那便請你：

繪出圖17，並對此一沿着圓周軌道運動的物體，寫出其：向心加速度 $= v^2/R$ 的證明過程，並加以適當足夠的說明或解釋。

19. 難題：無論是在向心加速度 v^2/R 的第一個證明方法中或第二個證明方法裡，我們都曾經利用了近似的計算方法；前者是在由方程式 $h = \frac{x^2}{2R-h}$ 變到 $h = \frac{x^2}{2R}$ 時，我們省略了 $(2R-h)$ 中的 h ，後者則在 $\frac{AB}{t} = v$ 時，原本是 AB 直線（即連接 A, B 兩點的圓之割綫）而我們却取之為 AB 那段弧長，方才得到弧 AB 除以時間 t 乃等於速率 v 。但是，兩者的最後結果： $a = \frac{v^2}{R}$ 却並不一個近似的表達式，即是說，此一方程式是完全正

確的，試問你如何解釋此種情形？

20. a. 若一物體沿着一圓周運動且具有一個向心加速度，則於此必定存在有一個向心力而使得該物體產生其所具有的向心加速度。請列舉三個有關一物體繞作一圓周運動的例子，並說出在每一例子中分別是由什麼提供予那物體的向心力。
- b. 向心加速度既然是 v^2/R ，則其向心力當為 mv^2/R ，請問為什麼？
- c. 在向心加速度的表達式 v^2/R 中， v^2 是怎麼樣得來的？（即是說，為什麼是 v^2 而不是 v ，或 $1/v$ ，或 v^3 ，或其它別的？）
- d. 同時，在表達式 v^2/R 中，而 $1/R$ 又是怎麼樣得來的？（即是說，為什麼是 $1/R$ 而不是 R ，或 R^2 ，或 $1/R^2$ ，或其它別的？）

21. 現有一圓形鐵環，靜止而水平地放在一地板上，一個小鋼球沿着此鐵環的內壁滾動（與問題 1 的情形完全相似）；今已知小球的質量為 0.25 千克，鐵環的半徑為 0.4 米，小球沿着鐵環內壁的滾動速率為每一秒滾動整個鐵環一圈。

- a. 小球沿鐵環內壁的滾動速率， v ，是多少？
- b. 鐵環內壁對此小球所作用的力而使其保持圓周運動的大小為何？（即問其向心力的大小為何？）注意， π^2 之值非常接近 10，故而你在此可近似地取做 $\pi^2 = 10$ 。
- c. 現若設鐵環的半徑為 0.3 米，試再次計算上述的(a)與(b)兩小題。
- d. 你在(b)及(c)中的兩個關於向心力的答案分別為 4 牛頓及 3 牛頓。由此情形，則似乎應是半徑越小的圓，其所需要的（或具有的）向心力也越小；但是，我們再由向心力的公式 mv^2/R 看來，則由於半徑 R 在此為分母，故半徑愈小時，向心力反而應該愈大才對；試問上述的兩種說法究竟是何者為正確？你又怎樣解釋上述兩種相反的論調？

22. 假設你站在一個沿一固定軸作急速旋轉的車箱中，車箱旁邊開有一讓空氣進出的小孔（見圖 22 所示）；事後，你對你的一位朋友說：“離心力摔離我，使得我抵壓在車箱的內壁的外緣處。”但你的朋友却答道：“胡說，這裡根本就沒有離心力，正如牛頓所說的，那只不過是你在筆直地向前走而已！”

若從你朋友的此一觀點來說，試說明對你將有什麼情形產生。（用向心

力此一概念說明之)

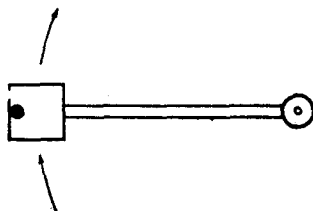


圖 22

23. a. 難題：試利用向心力（注意，不是離心力！）的概念，以說明一架旋轉乾燥機是如何地能夠將那些濕衣服中的水榨出，就正如將這些濕衣服放入一碾壓機下所得的結果一樣。
- b. 簡單題目：一架旋轉乾燥機具有一個半徑約為 0.25 米的旋轉桶，此桶於每秒內轉動五圈，則試問該桶的邊緣在旋轉時所具的向心加速度 v^2/R 之值為何？
- c. 你在(b)中答案的單位將是用每秒平方多少米表示的；而重力加速度， g 值的大小則為每秒平方約 10 米；則試問你母親所用的那架旋轉乾燥機所具有的邊緣向心加速度約為重力加速度的多少倍？

實驗的測定

在你分別回答問題 24, 25, 26 時：

- (i) 繪出你所用的裝置或儀器之大致圖樣（當然，如果你在三道問題中（即三個實驗中）所用的儀器與裝置都相同的話，那麼你僅需畫出一個圖形就可以了。）；
- (ii) 說出那些是你所需要的測量儀器，以及你又是如何地使用它們的；
- (iii) 說明你在使用那些儀器時，是如何地得到你所希望的某些結果。

24. 你將如何地去證明，欲保持一物體作一圓周運動時，其所需要的（或具有的）向心力之大小是與該物體的速率平方（ v^2 ）成正比的呢？

25. 難題：你又將如何地通過一實驗以證明，物體作圓周運動時，其所需要的（或具有的）向心力之大小是與該圓周的半徑 R 成反比？（即與 $1/R$ 成正比）

注意：此一問題並不是絕對的，它必須附帶着一個所謂“物體的速率保持不變”的條件；也就是說，上題的整個意義乃為：當物體在作半徑不同的圓周運動時，其運動的速率若保持不變的話，則它所受到的向心力之大小乃與圓周的半徑 R 成反比。

或許，你會在該物體作各種半徑大小不同的圓周運動時，使其每秒時間內轉動的圈數保持不變；但是，這種不變却與我們說的速率保持不變並非一樣，試問你知道這是為什麼嗎？

26. 試問你將如何地證明，向心力的表達式：

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

對於任何特定的情形，都是正確的？

四、電子的直線與圓周運動

27. a. 試繪一圖形以說明一支“熱陰極”放電管中的電極（絲極與陽極）性，並加入某些另外需要連接上的物件或裝置。

b. 說明在一支陰極射線放電管的：(i)絲極（又稱陰極），(ii)陽極（又稱正極），(iii)某一特殊安裝的螢光屏，分別所具有的用途。

28. 一種叫做“精細射線束”的管子中並沒有安裝任何的螢光屏，但其內部的射線束却能看得見；而一支通常的陰極射線管，我們却無法看到其內部的射線束，也就是說，它內部的射線束是一種不可見的射線束；試問在“精細射線束”管中的射線束是如何地被製作成為可見性的射線束？

29. a. 試繪出一個有關“馬爾他交叉”管的圖形。

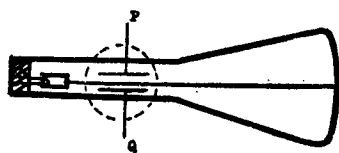
注意：所謂“馬爾他”原指地中海的一個小島之島名，在此題中的“馬爾他交叉”管則為一種特殊的裝置儀器，若你從未見過此種儀器或對此毫無所知的話，那麼你就不必回答本題（問題29）。

b. 它向我們顯示出了陰極射線的什麼特殊性質？

c. 此種管子的製造者，是基於什麼樣的歷史理由，而用一個馬爾他交叉物來作為一個障礙物？

30. a. 圖30乃表示一個陰極射線管，一道射線束經由電子槍發射出來

後，通過管中部份而打到螢光屏上形成亮點的大致圖形；現請你繪出一張較大的圖形，以說明當我們在 p 、 Q 兩板間加入了一個電位差（ p 板接正極， Q 板接負極，）之後，那道射綫束的進行路徑。在



■ 30

你的圖形上，你可以省略掉那個由虛綫所畫的圓圈。

- b. 現在，再請你繪出第二個圖形，這時你可將 p 、 Q 那兩塊電板省略；而在那個由虛綫所畫出的圓圈部份中却有磁場存在，此一磁場乃由一根載有由左向右之正電流的導綫所產生者，而恰好使得位於圓圈部份的磁場方向是垂直地由下而上地離開紙面（即圓圈所處之平面）；並請你在你的圖形中說明在這種情形下，那道射綫束在通過管中由左向右運動時所產生的結果。

31. 在問題 30 中的兩個實驗，都顯示出了那道陰極射綫所帶的為負電荷。

但是，這時却有人說：“那兩個實驗根本就不能說明什麼東西，其結果只不過是與，當射綫是正極射綫且按相反的方向運動時所產生的結果相同罷了！”

你將對此發表些什麼樣的議論，以提示說明出，在此種裝置中，那道射綫將會“按相反的方向運動”的並非確是如此？（你只需從實驗本身的結果及其情形去討論它，而不要將其它的因素或情形考慮進去。）

32. 試大致討論一下，在本節中所考慮的各實驗中（陰極射綫管，“馬爾他交叉”管，“精細射綫束”管），是否對我們說明出了關於陰極射綫所具有的粒子本質之問題——也就是說，這些實驗究竟是否說明了射綫束所具有的是粒子（電子）性質，抑或是一道像“漿液”那麼樣的連續性質的流束？

五、電子的電荷與質量比 e/m 之測定

我們現在將要來討論“電子”的粒子性而不是“懸液”性質的問題（見

5-14 那惠物理問題

問題 32) ; 當然, 我們對於“電子的 e/m ”之測定, 其問題之本身並不意味着電子是否單獨地存在; 只不過是說明對於陰極射線而言, 一質量為 m 的部份, 必定連帶地具有一定量的電荷, 故而對於射線中的任何一部份來說, 其 e/m 之比乃為定值。

然而, 在某些情形中 (例如密立根實驗), 現在它却使我們清楚地相信了電子是否存在的問題。

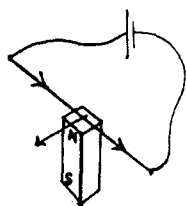


圖 33(a)

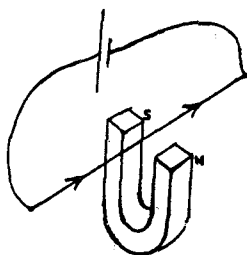


圖 33(b)

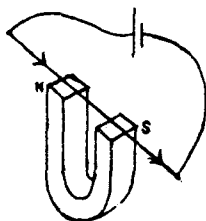


圖 33(c)

33. a. 在圖 33(a) 中表示一根載有電流的導線放在一塊豎立的磁鐵上方時, 導線會沿着箭號所指的方向跳開 (即沿此方向運動也); 試問:

- (i) 若那塊磁鐵的擺放方向反過來的話 (即 S 極朝上時), 導線運動的方向朝那裡?
- (ii) 若磁鐵的擺放情形不變, 而電流的方向反過來的話, 導線運動的方向又朝那裡?
- (iii) 若按照圖 33(a) 中的情形, 同時將磁鐵的擺放位置及電流流動的方向都反過來的話, 則這時導線將朝哪個方向運動呢?

- b. 對於圖 33(b) 中的情形來說，其所發生於上述 (a) 中 (i), (ii) (iii) 時的各種結果為何？
- c. 在圖 33(c) 中，當分別反轉磁鐵的（即磁場的）方向及電流的方向後，對此一導線將有什麼結果產生？

34. 圖 34 表示一段長為 l

，載有電流 i 的導線，被放置在一磁場中；此電流 i 分別由位於磁場外面的兩接頭 x 及 y 輸入及流出，而 x 及 y 實即接至一電池的正負兩極上去。

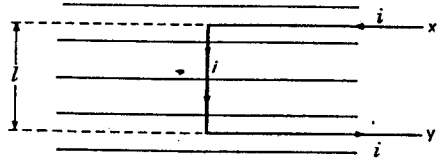


圖 34

- a. 那段導線（即長為 l 的那段導線）上所受到的力之方向為何？
- b. 試問在接頭 x 及 y 那兩段平行的導線上，為什麼沒有受到力的作用？
- c. 作用在那段長為 l 綫段上的力，當然依照其長度 l 及其所載的電流 i 之不同而不同，但除了 l 及 i 之外，試問作用於其上的力尚與什麼因素有關？
- d. 如果 B = 當導線上載有單位電流時，作用在單位長度導線上的力（更正確一些的說法是： B = 每單位長度單位電流的導線上所作用的力）；則試問作用在那段載有電流 i ，長度為 l 的導線上之力 F 為何？（請你將 B ， i ，及 l 用數學形式寫在方程式：“ $F = \dots\dots\dots$ ”的等號右方。）

35. 在一個對於測定一對亥姆霍茲綫圈（所謂亥姆霍茲綫圈乃一種用於“精細射綫管”中的特定綫圈）的 B 之實驗中，一根長為 20 厘米的“測定導綫”被放在綫圈的磁場中，其上通過一大為 20 安培的電流；另一質量為 0.5 克（即 0.0005 千克）的重物繫在此一測定導綫上以保持其在空間的位置，故而此一重物的重力恰好抵消磁場作用在那根測定導綫上的作用力而相互平衡。

- a. 試利用方程式： $F = Bil$ （問題 34(d)）及根據題目中的意思以求出 B 之大小。（首先，你可將方程式寫成： $B = F/il$ ，然後分別代入 F ， i ，及 l 各數值；請記住 $g = 10$ 牛頓 / 千克；並以“牛頓 / 安培 · 米”為計算單位寫出你對 B 的答案。）